

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 744 797 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
27.11.1996 Bulletin 1996/48

(51) Int Cl.⁶: H01S 3/06, H04B 10/17

(21) Numéro de dépôt: 96401116.7

(22) Date de dépôt: 23.05.1996

(84) Etats contractants désignés.
AT BE CH DE ES GB IT LI NL SE

(30) Priorité: 24.05.1995 FR 9506221

(71) Demandeur: ALCATEL N.V.
NL-2288 BH Rijswijk (NL)

(72) Inventeurs:
• Bousselet, Philippe
91630 Leudeville (FR)

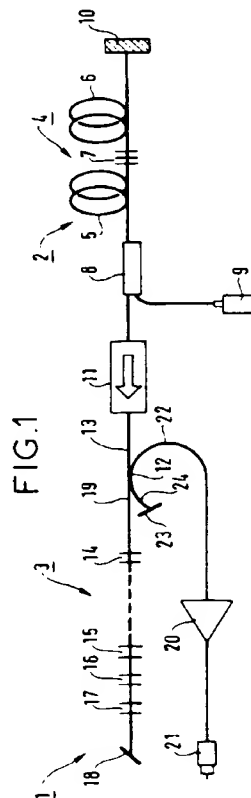
• Artigaud, Serge
91210 Draveil (FR)
• Beylat, Jean-Luc
92160 Antony (FR)

(74) Mandataire:
Pothet, Jean Rémy Emile Ludovic et al
c/o ALCATEL ALSTHOM,
Département de Propriété Industrielle,
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(54) Source de longueurs d'onde multiples

(57) Source de longueurs d'ondes multiples, notamment pour la communication optique à plusieurs canaux multiplexés en longueur d'onde, comprenant une source de lumière à large bande (2) couplée à des moyens de séparation de longueurs d'onde discrètes (3).

Les moyens de séparation de longueurs d'onde (3) comprennent des réseaux de Bragg réfractifs en cascade (14, 15, 16, 17), chacun d'eux réfléchissant une desdites longueurs d'onde discrètes (λ_n , ..., λ_3 , λ_2 , λ_1) vers une sortie de source (20).



EP 0 744 797 A1

Description

La présente invention concerne une source de longueurs d'ondes multiples, notamment pour la communication optique à plusieurs canaux multiplexés en longueur d'onde, comprenant une source de lumière à large bande couplée à des moyens de séparation de longueurs d'onde discrètes.

Les systèmes de communication optique se tournent vers le multiplexage en longueur d'onde qui permet de véhiculer plusieurs canaux de communication sur un même support de transmission optique. Chacun de ces canaux est constitué par une source d'une longueur d'onde particulière qui est modulée par l'information à transmettre sur ce canal, couplée avec d'autres sur un même support, une fibre optique généralement, séparée ensuite des autres canaux pour être enfin démodulée, ce qui restitue l'information transmise.

La transmission de plusieurs canaux multiplexés demande que les longueurs d'onde porteuses des différents canaux soient à l'origine précisément situées dans le spectre et d'une grande pureté spectrale.

La technique n'a offert initialement que des sources indépendantes, diodes laser, en particulier, pour engendrer les longueurs d'onde des différents canaux. Outre le coût initial élevé d'une multiplicité de sources, cette solution est également insatisfaisante en ce que des sources indépendantes répondent indépendamment les unes des autres à leurs conditions d'emploi, ce qui entraîne des coûts additionnels élevés pour l'établissement et le maintien des réglages de chaque source.

On a donc envisagé d'obtenir les longueurs d'onde de différents canaux à partir d'une source unique, en vue d'obtenir au moins un comportement unitaire d'une source de longueurs d'onde multiples, permettant de simplifier les réglages mentionnés.

Le principe d'une telle solution est évoqué dans l'article "Spectrum-Sliced Fiber Amplifier Light Source for Multichannel WDM Applications" de J. S. Lee et Y.C. Chung, publié dans IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 5, n°12, Décembre 1993.

Cette solution emploie une source de lumière à large bande couplée à des moyens de séparation de longueurs d'onde discrètes. Après avoir mentionné des sources de lumière à diode photo-émissives et à diode superluminescente, l'article préconise l'emploi d'un amplificateur à émission spontanée constitué d'une fibre optique dopée à l'erbium, pompée à 1,48 μm , en série avec un isolateur visant à interdire tout effet laser.

Les moyens de séparation des longueurs d'onde ne sont pas décrits, mais simplement présentés comme un démultiplexeur de longueurs d'onde, c'est-à-dire, grosso modo, comme un ensemble de filtres attaqués en parallèle et fournissant des longueurs d'onde sélectionnées sur des sorties individuelles. Cela ne permet d'obtenir qu'une sélectivité et une pureté spectrale limitée, tout en introduisant des pertes élevées pour chacune des longueurs d'onde sélectionnées.

L'ensemble, non encore expérimenté, pourrait fournir une vingtaine de canaux séparés de 0,6 nm.

La présente invention vise à perfectionner une telle solution, de manière à permettre un plus grand nombre de canaux et à réduire sensiblement les coûts, tout en fournissant des longueurs d'onde discrètes sélectionnées ayant un niveau de puissance nettement plus élevé.

Selon l'invention, la source de longueurs d'onde multiples définie au début de ce texte se caractérise en ce que lesdits moyens de séparation de longueurs d'onde comprennent des réseaux de Bragg réfractifs en cascade, chacun d'eux réfléchissant une desdites longueurs d'onde discrètes, des moyens d'absorption étant prévus pour que les autres longueurs d'onde ne soient pas réfléchies.

De préférence, lesdits moyens additionnels sont constitués par une terminaison absorbante suivant le dernier des réseaux de Bragg réfractifs.

L'ensemble des réseaux de Bragg réfractifs réfléchit ainsi sélectivement l'ensemble des longueurs d'onde discrètes. On obtient d'un coup un signal composé des seules longueurs d'utiles. Chaque longueur d'onde est sélectionnée de façon étroite, donc avec une grande pureté spectrale. Du fait de l'absence des longueurs d'onde intermédiaires, entre les longueurs d'ondes ainsi sélectionnées, leur séparation spatiale en est par suite facilitée.

Selon une forme de mise en oeuvre de l'invention, lesdits réseaux réfractifs sont disposés en sortie de ladite source de lumière et servent à sélectionner lesdites longueurs d'onde discrètes dans le spectre à large bande que celle-ci produit.

Un coupleur directionnel permet l'acheminement de l'émission à large bande vers la cascade de réseaux de Braggs et la terminaison absorbante qui la termine, ainsi que l'aiguillage des longueurs d'onde réfléchies vers la dite sortie de source.

Ce coupleur est avantageusement inséré à la sortie de ladite source de lumière.

Un isolateur optique est avantageusement intercalé entre ladite source et ledit coupleur directionnel.

Ladite source de lumière est de préférence une fibre optique fluorée dopée à l'erbium.

L'extrémité de ladite source de lumière opposée à sa sortie est avantageusement terminée par un miroir.

Selon une autre forme de mise en oeuvre, l'extrémité de ladite source de lumière opposée à sa sortie est couplée à ladite cascade de réseaux de Bragg terminée par lesdits moyens d'absorption.

L'émission spontanée amplifiée par double passage est ainsi favorisée aux longueurs d'onde réfléchies par lesdits réseaux de Bragg en cascade.

Les différents objets et caractéristiques de la présente invention apparaîtront plus clairement dans la description qui va suivre d'un mode de mise oeuvre de l'invention, donnée à titre d'exemple non limitatif, en se reportant aux figures annexées qui représentent :

- la figure 1, le schéma d'une source de longueurs d'onde multiple conforme à la présente invention,
- la figure 2, le schéma d'une variante de la source de longueurs d'onde multiples de la figure 1

La source de longueurs d'onde multiples de la figure 1, indiquée par la référence générale 1, est utilisable, notamment, pour la communication optique à plusieurs canaux multiplexés en longueur d'onde. Elle comprend essentiellement :

- une source de lumière à large bande 2 et
- des moyens de séparation de longueurs d'onde discrètes 3.

La source de lumière 2 comprend quant à elle :

- une fibre optique amplificatrice à émission spontanée 4, en deux sections 5 et 6 entre lesquelles est inséré un filtre 7, égalisant le niveau de l'émission spontanée de la fibre 4 ; cette fibre est une fibre optique fluorée, dopée à l'erbium telle que celle qui est décrite dans "Experimental investigations of the gain flatness characteristics for 1.55 μ m fluoride-based erbium-doped fibre amplifiers", de D. Bayard, B. Clesca, L. Hamon et J.-L. Beylat, publié dans IEEE Photonic Technology Letters, Vol. 6, n°5, 613 (1994),
- un coupleur 8 pour le couplage du rayonnement de pompage à 1480 nm d'une diode laser 9, qui peut être une diode commercialisée par la société AL-CATEL OPTRONICS, sous la référence A 1948 PLM 85-100 ou 140 mW,
- un miroir 10 réfléchissant la totalité des rayonnements produit par la source de lumière 2,
- un isolateur 11 empêchant que tout rayonnement réfléchi en aval ne puisse atteindre la fibre 4 et favoriser ainsi certaines longueurs d'onde seulement par effet laser.

Le rayonnement de pompage parcourt deux fois la fibre 4, du coupleur 8 au miroir 10 et retour et engendre, par émission spontanée amplifiée à double passage dans la fibre fluorée dopée à l'erbium, un rayonnement s'étendant entre 1530 et 1570 nm, avec une puissance globale de 40 mW, non optimisée, distribuée de façon relativement uniforme, grâce à l'effet additionnel du filtre 7. Ce rayonnement traverse le coupleur 8 et l'isolateur 11 pour atteindre les moyens de séparation de longueurs d'onde discrètes 3.

Ces moyens de séparation de longueurs d'onde discrètes 3 comprennent

- un coupleur directionnel 3 dB 12, la sortie de l'isolateur 11 étant connecté à un accès amont 13 de celui-ci,
- des réseaux de Bragg réfractifs en cascade, 14, 15, 16, 17, chacun d'eux réfléchissant une longueur

d'onde discrète λ_n , λ_3 , λ_2 , λ_1 , suivis par une terminaison absorbante 18, connectés à un accès aval 19 du coupleur 12 et réfléchissant vers ces accès l'énergie aux longueurs d'onde discrètes précitées, contenue dans le rayonnement de la source de lumière 2.

- une sortie de source 21, connectée à un autre accès amont du coupleur 12 ; cette sortie de source est précédée d'un amplificateur à fibre optique 20, employant lui aussi une fibre optique fluorée dopée à l'erbium, et donc compatible avec la source de lumière 2
- une terminaison absorbante 23 connectée à un deuxième accès aval 24 du coupleur 12.

Le rayonnement issu de la source 2 est partagé également par le coupleur 12 entre ses deux accès aval 19 et 24. La terminaison 23 absorbe le rayonnement envoyé sur l'accès aval 24. Par contre, les réseaux réfractifs 14, 15, 16, 17 renvoient vers le coupleur chacun une longueur d'onde discrète λ_n , λ_3 , λ_2 , λ_1 . Les longueurs d'onde ainsi sélectionnées sont partagées également par le coupleur 12 entre ses deux accès amont 13 et 22. L'énergie fournie sur l'accès 13 est absorbée par l'isolateur 11. Celle qui est fournie sur l'accès 22 est amplifiée par l'amplificateur 20 avant d'être fournie sur la sortie de source 21. Les moyens de séparation de l'invention sélectionnent ainsi, et séparent spectralement, avec une atténuation minimale, des longueurs d'onde discrètes qui peuvent être amplifiées en commun, avant d'être séparées spatialement.

Plus précisément, la cascade de filtres réfractifs de l'invention offre l'avantage de ne pas être limitée en nombre de voies, du fait que ces filtres sont quasi-transparents aux longueurs d'ondes autres que celle que chacun réfléchit, tandis que l'efficacité de la réflexion est très élevée (au plus 0, 2 dB de perte par réflexion). Par comparaison, les meilleurs composants optiques de multiplexage/démultiplexage en longueurs d'onde actuels, parmi lesquels on peut citer le multiplexeur 1 x 8 de la société JOBIN YVON, à réseau STIMAX, sont limités en nombre de voies (18 au plus dans la bande d'intérêt) et apportent une atténuation bien plus élevée (3 dB au moins de perte par voie). Ils sont par ailleurs relativement coûteux.

On se tournera maintenant vers la figure 2 qui illustre une alternative de la source de longueurs d'onde multiples de la figure 1. Dans cette figure 2, les mêmes éléments conservent les références qui leur ont été donnée à la figure 1.

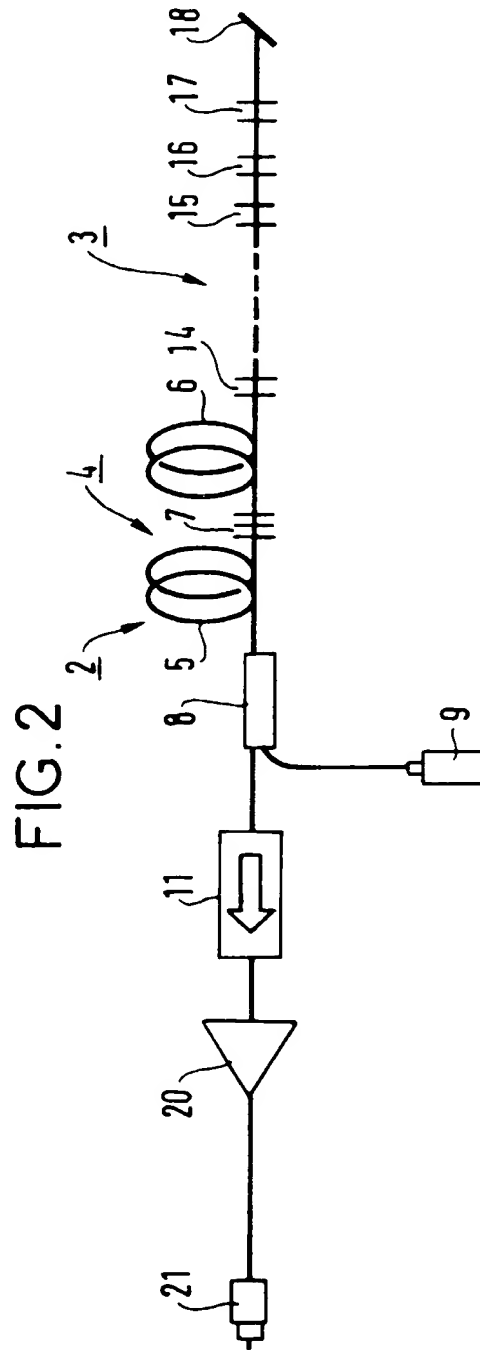
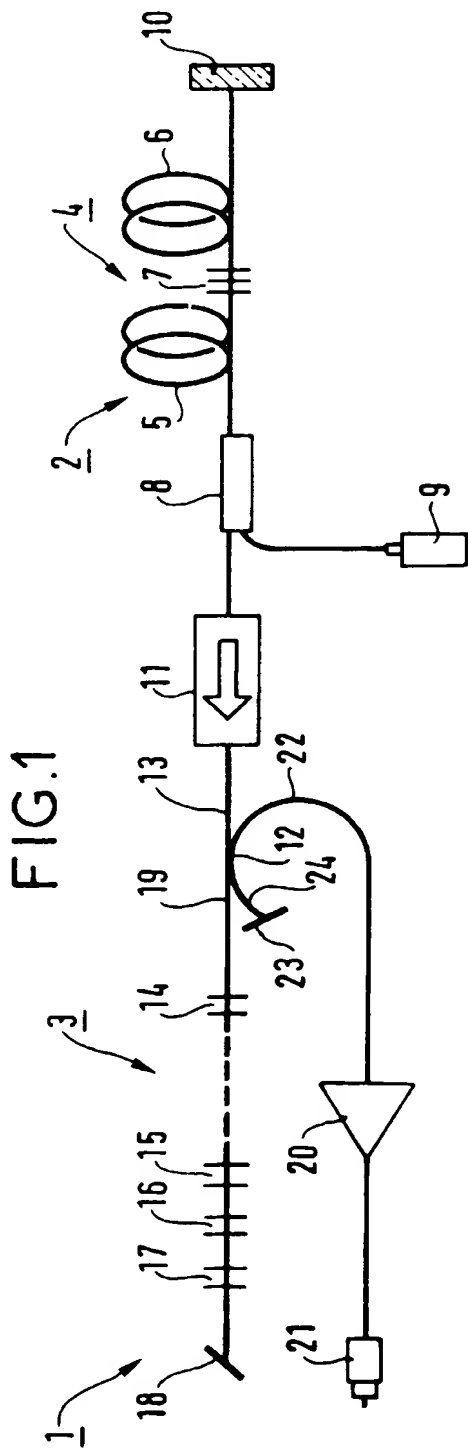
On retrouve ainsi une source de lumière 2 et des moyens de séparation de longueurs d'onde 3, ces derniers comprenant une cascade de réseaux réfractifs 14, 15, 16, 17 suivie d'une terminaison absorbante 18, une fibre optique amplificatrice fluorée dopée à l'erbium 4, en deux sections 5 et 6, séparées l'une de l'autre par un filtre 7, le coupleur de pompe 8 et la diode de pompage 9, l'isolateur 11, l'amplificateur 20 et la sortie 21.

En quelque sorte, le miroir 10 de la figure 1 est remplacé par les réseaux réfractifs 14, 15, 16, 17, jouant le même rôle que celui-ci de renforcement de l'émission spontanée amplifiée de l'amplificateur 4, mais sélectivement, au profit de chacune des longueurs d'onde discrètes $\lambda_n, \dots, \lambda_3, \lambda_2, \lambda_1$. De la sorte, à la sortie de la source de lumière 2, c'est-à-dire de l'isolateur 11, on ne transmet à l'amplificateur 20 qu'essentiellement les longueurs d'onde ainsi engendrées.

Une telle solution économise un coupleur et les pertes qu'il introduit, mais fournit des canaux de pureté spectrale moindre, ce qui suffira dans certaines applications.

Revendications

1. Source de longueurs d'ondes multiples, notamment pour la communication optique à plusieurs canaux multiplexés en longueur d'onde, comprenant une source de lumière à large bande (2) couplée à des moyens de séparation de longueurs d'onde discrètes (3), caractérisée en ce que lesdits moyens de séparation de longueurs d'onde (3) comprennent des réseaux de Bragg réfractifs en cascade (14, 15, 16, 17), chacun d'eux réfléchissant une desdites longueurs d'onde discrètes ($\lambda_n, \dots, \lambda_3, \lambda_2, \lambda_1$) vers une sortie de source (20).
2. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits réseaux réfractifs (14, 15, 16, 17) sont disposés en sortie de ladite source de lumière (2) et servent à sélectionner lesdites longueurs d'onde discrètes ($\lambda_n, \dots, \lambda_3, \lambda_2, \lambda_1$) dans le spectre à large bande que celle-ci produit.
3. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à la revendication 2, caractérisée en ce que des moyens additionnels (18) sont prévus pour absorber le rayonnement non réfléchi par lesdits réseaux réfractifs (14, 15, 16, 17) en cascade.
4. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à la revendication 3, caractérisée en ce que lesdits moyens additionnels (18) sont une terminaison absorbante (18) disposée après le dernier des réseaux de Bragg réfractifs (17).
5. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à la revendication 2, 3 ou 4, caractérisée en ce qu'un coupleur directionnel (13) achemine l'émission à large bande vers la cascade de réseaux réfractifs (14, 15, 16, 17) et la terminaison absorbante (18) qui les suit et aiguille les longueurs d'onde réfléchies par ces réseaux réfractifs vers ladite sortie de source (20).
6. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à la revendication 5, caractérisée en ce que ledit coupleur est inséré à la sortie de ladite source de lumière (2).
7. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à la revendication 1, 5 ou 6, caractérisée en ce qu'un isolateur optique (11) est intercalé entre ladite source de lumière (2) et ledit coupleur (12).
8. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à l'une quelconque des revendications qui précèdent, caractérisée en ce que ladite source de lumière (2) comprend une fibre optique fluorée dopée à l'erbium (4).
9. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à la revendication 8, caractérisée en ce que ladite source de lumière (2) comprend deux sections de fibre entre lesquelles est inséré un filtre d'égalisation de niveau (7).
10. Source de longueurs d'ondes multiples conforme à la revendication 8 ou 9, caractérisée en ce que l'extrémité de ladite source de lumière (2) opposée à sa sortie est terminée par un miroir (10).



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 96 40 1116

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Categorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
X	EP-A-0 524 558 (GEN INSTRUMENT CORP) 27 Janvier 1993	1	H01S3/06 H04B10/17
Y	* colonne 1, ligne 51 - ligne 57; figures 4,6 *	2-10	

Y	US-A-5 283 686 (HUBER DAVID R) 1 Février 1994	2-7	
	* figure 4 *		

D,Y	IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 6, no. 5, Mai 1994, NEW YORK US, pages 613-615, XP000446974 D.BAYART ET AL.: "Experimental investigation of the gain flatness characteristics for 1.55 um Erbium-doped fluoride fiber amplifiers"	8	
	* abrégé *		

Y	WO-A-91 18434 (UNIV SOUTHAMPTON) 28 Novembre 1991	9	
	* abrégé; figure 6 *		

Y	EP-A-0 564 098 (HEWLETT PACKARD CO) 6 Octobre 1993	10	H01S H04B
	* figure 2 *		

D,A	IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 5, no. 12, 1 Décembre 1993, pages 1458-1461, XP000432998 LEE J S ET AL: "SPECTRUM-SLICED FIBER AMPLIFIER LIGHT SOURC FOR MULTICHANNEL WDM APPLICATIONS"	1	
	* abrégé *		

	-/--		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 6 Septembre 1996	Examinateur Galanti, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons A : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1501 (3.81) (P/MC01)

EP 0 744 797 A1



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 96 40 1116

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.6)
A	<p>IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 6, no. 10, 1 Octobre 1994, pages 1197-1199, XP000476940 LEE J S ET AL: "BANDWIDTH OPTIMIZATION OF A SPECTRUM-SLICED FIBER AMPLIFIER LIGHT SOURCE USING AN ANGLE-TUNED FABRY-PEROT FILTER AND A DOUBLE-STAGE STRUCTURE" * abrégé; figure 1 *</p> <p>-----</p>	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.6)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 6 Septembre 1996	Examineur Galanti, M
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : art de l'état de la technique O : divulgation non écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>Δ : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EP(1) FORM 1500 (03.92) (P04.82)

